

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**М А Т Е Р І А Л И  
т а   п р о г р а м а**

**IV Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(Суми, 19–22 квітня 2016 року)**

**ЧАСТИНА 2**

**Конференція присвячена Дню науки в Україні**



**Суми  
Сумський державний університет  
2016**

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ДИСПЕРСНО-ЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИТІВ $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$

*Овчаренко О. О., мол. наук. співробітник; Сахненко М. Д., зав. кафедри;  
Ведь М. В., професор, НТУ «ХПІ», м. Харків*

Призначення електрохімічних металевих покриттів полягає, головним чином, в захисті поверхні деталей і виробів від корозії, а також, надання їм декоративного виду. Композиційні електрохімічні покриття (КЕП) використовують для підвищення твердості, зносостійкості, жаростійкості деталей машин, механізмів, поліпшення їх антифрикційних властивостей, підвищення коефіцієнта віддзеркалення і поліпшення ряду інших характеристик. Певний інтерес являє процес утворення композиційних покриттів з металевою, зокрема нікелевою, матрицею. Перспективи застосування таких гальванічних покриттів обумовлені підвищеним опором до високотемпературного окиснення й рекристалізації, більш високою твердістю й зносостійкістю, можливістю використовувати їх як підшар у багатошарових захисних покриттях [1], тому встановлення закономірностей їх формування становить значний інтерес.

Отримання композитів на основі нікелю здійснювали з сульфатного електроду, основним компонентом якого є сульфат нікелю  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{NSO}_3)_2$ . Для депасивації анодів та підтримання рН на необхідному рівні в електроді додавали хлорид нікелю та боратну кислоту. Для отримання матеріалів, що інкорпорує частинки зміцнювальної фази  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , до базового електроду додавали 0,2 – 0,8 об'єму золю оксиду алюмінію, що містить 4,0 – 4,6 г/дм<sup>3</sup> дисперсної фази, варіюючи, таким чином, вміст  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в розчині електроду від 1,0 до 2,5 г/дм<sup>3</sup>. Отримання гідрозолу оксиду алюмінію проводили з суспензії, дисперсним середовищем якої є водний розчин лужного металу з рН>13. Як дисперсну фазу суспензії використовували високотемпературну форму  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Час експозиції дисперсної фази складав 10 – 30 хвилин з наступним відділенням колоїдного розчину наночастинок [2].

Електроліз проводили при температурі 20 – 25 °С протягом 30 – 40 хвилин, густину струму підтримували на рівні 2 – 3 А/дм<sup>2</sup>. Товщина нікелевих композитів залежала від часу електроосадження та складала 20 – 50 мкм. Фізико-механічні випробування композитів  $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$  (мікротвердість, межа текучості  $\sigma_t$ , межа міцності  $\sigma_b$ ) проводили при кімнатній температурі на машині для механічних випробувань TIRAtest-2300 зі швидкістю сканування 0,36 мм/мин. Морфологію поверхні КЕП досліджували сканівним електронним мікроскопом (СЕМ) Zeiss EVO 40XVP.

Результати проведених вимірювань фізико-механічних властивостей фольг  $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$  довели, що відбувається поліпшення характеристик міцності з підвищенням вмісту наночастинок оксиду алюмінію (рис. 1). Значення мікротвердості композитів на основі нікелю зростає від 1800 до 2900 МПа, межі міцності від 550 до 1200 МПа, межі текучості від 150 до 980 МПа при

збільшенні вмісту фази  $\text{Al}_2\text{O}_3$  від 0,25 до 1,5 г /  $\text{дм}^3$ . Причина такої поведінки композитів обумовлена включенням наночастинок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , які виступають в ролі надійної перешкоди руху дислокацій.

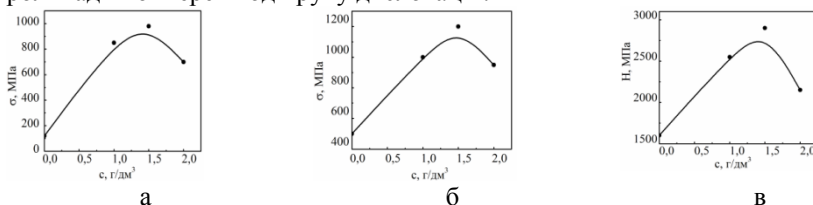


Рисунок – Залежність межі текучості (а), межі міцності(б), та мікротвердості (в) фольг  $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$  від вмісту частинок  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в електроліті

Екстремальний характер концентраційних залежностей характеристик міцності композитів (переважно композитів  $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) пояснюється тим, що при досягненні певної критичної концентрації відбувається зростання щільності дислокацій, яке призводить до ковзання по межі частинка оксиду алюмінію – металева матриця, а також анігіляції дефектів. Подальше збільшення вмісту оксиду алюмінію в електроліті призводить до виникнення мікрodefektів, надалі мікротріщин, що, в свою чергу, призводять до руйнування кристалічної структури [3].

З аналізу електронно-мікроскопічних світлин морфології поверхні композитів  $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$  видно, що відповідно підвищенню концентрації нанорозмірних частинок оксиду алюмінію в розчині електроліту відбувається збільшення вмісту частинок вторинної фази в композиті. Цей факт є доволі прогнозованим та свідчить про можливість керування процесом синтезу КЕП за рахунок варіювання концентраційних меж структуротвірних компонентів в електроліті.

Таким чином, додавання до базового електроліту нанорозмірних частинок другої фази дозволяє отримати покриття з підвищеними показниками міцності, а саме – мікротвердості, межі міцності та межі текучості, в порівнянні з означеними характеристиками металу матриці.

#### Список літератури

1. Рогов В. А. Новые материалы в машиностроении / В. А. Рогов, В. В. Соловьев, В. В. Копылов. – М.: РУДН, 2008. – 324 с.
2. Sakhnenko N. D. Electrochemical Synthesis of Nickel-Based Composite Materials Modified with Nanosized Aluminum Oxide / N. D. Sakhnenko, O. A. Ovcharenko, M. V. Ved' // Russian Journal of Applied Chemistry – 2015. – Vol. 88, № 2. – P. 267–271.
3. Sakhnenko N. D. Electrodeposition and Physicomechanical Properties of Coatings and Foil of Copper Reinforced with Nanosize Aluminum Oxide / N. D. Sakhnenko, O. A. Ovcharenko, M. V. Ved' // Russian Journal of Applied Chemistry – 2014. – Vol. 87, № 5. – P. 596–600.